

Pengaruh Durasi Pemaparan Etilen dan Suhu *Degreening* untuk Membentuk Warna Jingga Jeruk Siam Banyuwangi (Effect Ethylene Exposure Duration and Temperature at *Degreening* to Generate Orange Color of Tangerine Fruit from Banyuwangi)

Ramadhani, N¹⁾, Purwanto, YA¹⁾, dan Poerwanto, R²⁾

¹⁾Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jln. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jln. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680
E-mail: roedhy8@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 22 Januari 2015 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 29 Juni 2015

ABSTRAK. Jeruk siam pada umumnya berwarna hijau. Teknologi *degreening* yang tepat dapat memperbaiki warna kulit jeruk tropika menjadi jingga secara seragam. *Degreening* merupakan proses perombakan pigmen hijau (klorofil) pada kulit jeruk secara kimiawi dan membentuk warna kuning atau jingga (karotenoid) tanpa memengaruhi kualitas internal buah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh durasi pemaparan etilen dan suhu *degreening* untuk memunculkan warna jingga pada jeruk siam Banyuwangi. Etilen 200 ppm diinjeksikan ke dalam *box degreening* yang berisi jeruk sebanyak 2,8 kg dan dipaparkan pada *cooling chamber* dengan suhu 15, 20 dan 25°C selama 0, 24, 48, dan 72 jam. Pemaparan etilen dilakukan dengan metode *multiple shot*. Setelah pemaparan, jeruk kemudian disimpan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan setiap 2 hari, yaitu (a) pengamatan non-destruktif dilakukan dengan menggunakan *color reader* dan metode *citrus color chart* (CCC) untuk mengetahui perubahan warna dan (b) pengamatan destruktif dilakukan dengan mengukur kandungan klorofil dan karotenoid serta mengukur kekerasan, TPT, TAT, dan vitamin C untuk mengetahui perubahan fisikokimia jeruk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi terbaik adalah durasi pemaparan etilen selama 48 jam dengan suhu 20°C yang dapat mengubah warna jeruk menjadi jingga cerah dan tidak memberikan pengaruh negatif terhadap kualitas internal buah.

Katakunci: *Cooling chamber*; *Citrus color chart*; *Citrus color index*; Etilen; Jeruk tropika; Klorofil; Karotenoid; Suhu *degreening*

ABSTRACT. Tangerine peel is green. Degreening technology can improve the citrus peel color becomes uniformly orange. Degreening is a break down process of green pigment (chlorophyll) on citrus peel chemically and form the orange color (carotene) without affecting internal quality of fruit. The purpose of this study was to determine the effect of ethylene exposure duration and temperature to bring out the color on tangerine from Banyuwangi. Ethylene 200 ppm was injected into the box containing 2.8 kg citrus and was exposed to the cooling chamber with a temperature of 15, 20 or 25°C for 0, 24, 48 or 72 hours. Ethylene exposure was conducted using multiple shots method. After exposure, tangerine were put on room temperature condition. Observations were conducted every two days: (a) nondestructive observation conducted using color reader and CCC method to determine the color changes and (b) destructive observations for measuring chlorophyll and carotenoids content and physico-chemical changes i.e. the hardness, soluble solid content, titratable acidity and vitamin C. The results showed that the best combination was 48 hours ethylene exposure duration at 20°C that was changed the tangerines into a bright orange and did not have any negative impact to the internal quality.

Keywords: Cooling chamber; Citrus color chart; Citrus color index; Ethylene; Tropical citrus; Chlorophyll; Carotenoid; Degreening temperature

Jeruk siam merupakan produk hortikultura yang mempunyai potensi cukup besar untuk dikembangkan sebagai upaya pemenuhan permintaan konsumen di dalam negeri. Sekitar 70–80% jenis jeruk yang dikembangkan petani merupakan jeruk siam (Dimiyati 2005). Permintaan konsumen terhadap jeruk semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, pendapatan, dan kesadaran masyarakat terhadap nilai gizi. Pada tahun 2010, volume jeruk yang diimpor Indonesia mencapai 204.148 ton, sedangkan volume jeruk yang diekspor hanya 1.400 ton (BPS 2011).

Kriteria yang seringkali digunakan konsumen untuk menentukan tingkat kesukaan jeruk adalah warna.

Menurut Poerwanto & Susila (2014), kulit buah jeruk yang berwarna jingga mempunyai daya tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kulit buah yang berwarna hijau. Secara umum jeruk tropika dataran rendah yang telah matang tidak menunjukkan perubahan warna dari hijau menjadi jingga seragam (Ladaniya 2008).

Warna hijau dari kulit buah jeruk dapat diperbaiki dengan perlakuan pascapanen seperti *degreening*. Perlakuan ini bertujuan untuk mempercepat perubahan warna eksternal jeruk dari hijau menjadi jingga seragam, sehingga buah lebih diterima di pasaran (Porat 2008). *Degreening* pada jeruk siam telah banyak dilakukan oleh berbagai lembaga penelitian di Indonesia, namun warna jeruk yang dihasilkan

kuning dan tidak disukai konsumen karena dianggap hampir busuk.

Pembentukan warna jingga pada jeruk disebabkan oleh dua zat warna, yaitu β -*citraurin* membuat warna kulit jeruk menjadi kemerahan, dan *criptoxanthin* membuat warna kulit jeruk menjadi kuning. Proses terbentuknya kedua zat warna tersebut dipengaruhi oleh kondisi suhu. *Degreening* pada suhu ruang 28–29°C hanya dapat membentuk zat warna *criptoxanthin* sehingga seringkali jeruk yang dihasilkan berwarna kuning. *Degreening* pada suhu rendah 18–20°C dapat membentuk zat warna β -*citraurin* dan *criptoxanthin* secara bersamaan sehingga dapat dihasilkan warna jingga (Stewart & Wheaton 1971).

Keefektifan *degreening* dipengaruhi beberapa faktor, di antaranya etilen, suhu, dan kultivar buah (Sdiri *et al.* 2011). Penggunaan etilen sebagai zat perangsang metabolik untuk mencapai warna eksternal buah dipengaruhi oleh konsentrasi dan durasi pemaparan (Martínez *et al.* 2008). Durasi pemaparan yang tepat akan menghasilkan warna jingga seragam pada kulit buah (Sdiri *et al.* 2011), oleh karena itu penerapan perlakuan *degreening* pada buah jeruk siam diharapkan dapat memperbaiki warna eksternal buah sehingga dapat bersaing dengan jeruk impor.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menentukan kombinasi durasi pemaparan dan suhu *degreening* yang tepat untuk memunculkan warna jingga pada jeruk siam Banyuwangi, (2) mengetahui pengaruh *degreening* terhadap perubahan fisikokimia jeruk siam Banyuwangi.

Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah: (1) durasi pemaparan etilen berpengaruh nyata terhadap perubahan warna jeruk siam Banyuwangi, (2) suhu *degreening* berpengaruh nyata terhadap perubahan warna jeruk siam Banyuwangi, dan (3) terdapat interaksi nyata antara durasi pemaparan etilen dan suhu *degreening* terhadap perubahan warna kulit jeruk siam Banyuwangi.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2014. Pemetikan buah dilakukan di kebun jeruk Desa Sambirejo, Kecamatan Bangurejo, Kabupaten Banyuwangi. Lokasi kebun terletak pada ketinggian antara 600 m dpl dengan curah hujan rerata 134 hari/tahun suhu sekitar 27–33°C pada siang hari dan 23–30°C pada malam hari. Buah dipetik pada umur 28 minggu setelah *anthesis* (MSA) yaitu pada

fase kematangan fisiologis, kemudian dibawa ke laboratorium menggunakan metode *precooling* dengan suhu 10°C.

Percobaan ini menggunakan rancangan faktorial dua faktor dengan rancangan acak lengkap. Faktor perlakuan yaitu kombinasi durasi pemaparan etilen terdiri atas empat taraf perlakuan (0, 24, 48, dan 72 jam) dan tingkat suhu yang terdiri atas tiga taraf perlakuan (suhu 15, 20, dan 25°C) diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam pada taraf nyata 5%. Apabila hasil menunjukkan ada pengaruh nyata, data akan diuji lanjut dengan *Duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%. Untuk membandingkan antara kombinasi perlakuan digunakan uji kontras ortogonal.

Metode *degreening* dilakukan dalam wadah tertutup yang berisi jeruk dengan berat 2,8 kg. Wadah dimasukkan ke *cooling chamber* dengan kombinasi suhu 15, 20, dan 25°C sebelum diinjeksikan etilen dengan konsentrasi 200 ppm. Injeksi etilen dilakukan dengan metode *multiple shot* (injeksi etilen dilakukan setiap 24 jam). Durasi pemaparan etilen berlangsung sesuai perlakuan.

Setelah pemaparan, jeruk dikeluarkan dari *cooling chamber* dan disimpan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan dengan mengukur perubahan warna dan perubahan fisikokimia pada buah jeruk setiap 2 hari, yaitu pengukuran perubahan warna kulit dengan *color reader*, skoring berdasarkan warna, kandungan total klorofil, dan total karotenoid, kekerasan, total padatan terlarut dan kandungan vitamin C.







Pengukuran warna dilakukan secara objektif menggunakan alat *color reader* yang menerapkan sistem notasi warna Hunter. Sinar sensor ditembakkan ke jeruk siam pada tiga bagian yaitu pangkal, tengah, dan ujung buah. Sistem notasi warna Hunter dicirikan dengan tiga parameter warna, yaitu kecerahan dengan notasi L^* , warna kromatik campuran merah-hijau yang ditulis dengan notasi a^* dan warna kromatik campuran biru-kuning dengan notasi b^* (Andarwulan *et al.* 2011).

Pengukuran kualitatif warna kulit jeruk menggunakan perhitungan nilai *citrus color index* (CCI) (Jimenez-Cueata *et al.* 1981) dengan rumus:

$$CCI = \frac{1000a^*}{L^*b^*}$$

Range citrus color index (CCI) : $CCI \leq -5$ (hijau gelap), $-5 < CCI \leq 0$ (hijau), $0 < CCI \leq 3$ (hijau kekuningan), $3 < CCI \leq 5$ (kuning kehijauan), $5 < CCI \leq 7$ (jingga kekuningan), $7 < CCI \leq 10$ (jingga), dan $CCI > 10$ (jingga gelap).

Tabel 1. Pedoman deskripsi warna kulit buah jeruk berdasarkan skor dalam *citrus color chart* (CCC), nilai L^* , a^* , b^* , CCI, dan *Hue angle* (Referrals citrus color description based on the citrus color chart (CCC) score, value of L^* , a^* , b^* , CCI, and *Hue angle*)

Skor warna (Color score)	Deskripsi warna (Color description)	L^*	a^*	b^*	CCI	$^{\circ}\text{Hue}$
 6	Jingga tua (Dark orange)	52.4	25.2	40.0	12.0	57.8
 5	Jingga cerah (Bright orange)	52.9	22.8	42.1	10.2	61.6
 4	Jingga kekuningan (Orange yellowish)	50.5	14.1	42.6	6.6	71.7
 3	Kuning (Yellow)	50.2	10.9	39.8	5.5	74.4
 2	Hijau kekuningan (Green yellowish)	42.4	-0.8	24.2	-0.8	91.9
 1	Hijau (Green)	41.5	-1.9	22.6	-2.0	94.8

Skor : 1 = jeruk siam, 2 = jeruk keprok, 3 = jeruk Berastagi, 4 = Ponkan, 5 = Sweet orange, 6 = Murcot Mandarin. *Citrus color index* (CCI) = $1000.a/L.b$ (Jimenez-Cueata et al. 1981) dan $^{\circ}\text{Hue} = \arctan(b/a)$ (Munsell 1905). (1 = *Tangerine citrus*, 2 = *Indonesian Mandarin*, 3 = *Be-rastagi citrus*, 4 = *Ponkan*, 5 = *Sweet orange*, 6 = *Murcot Mandarin*. *Citrus color index* (CCI) = $1000.a/L.b$ (Jimenez-Cueata et al. 1981) and $^{\circ}\text{Hue} = \arctan(b/a)$ (Munsell 1905))

Hasil pengukuran nilai a^* dan b^* dikonversikan ke dalam satuan kromatik derajat Hue ($^{\circ}\text{Hue}$). Untuk memperoleh nilai $^{\circ}\text{Hue}$ digunakan persamaan sebagai berikut:

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Perubahan warna kulit buah diamati dengan skor warna yang dilakukan sebagai pengukuran subjektif.

Kandungan total klorofil dan karotenoid diukur menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 470, 537, 647, dan 663 nm. Setelah memperoleh nilai absorbansi, kandungan total klorofil dan karotenoid dihitung dengan rumus Sims & Gamon (2002).

Pengukuran fisikokimia buah dilakukan dengan mengukur kekerasan buah, prinsip pengujian kekerasan adalah mengukur ketahanan buah terhadap jarum yang terdapat pada *hardness tester*. Pengukuran untuk melihat total padatan terlarut menggunakan refraktometer. Kandungan asam diukur dengan menghitung persen asam tertitrasi. Pengujian vitamin C dilakukan dengan menggunakan metode iodimetri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Degreening pada buah jeruk merupakan perlakuan pascapanen dengan pemberian etilen untuk menurunkan

kandungan klorofil kulit buah (Karthik et al. 2010). Pengukuran warna pada jeruk siam Banyuwangi dilakukan pada buah dengan rerata diameter 64,3 mm sehingga jeruk digolongkan pada *grade B*, yaitu dengan diameter 61–70 mm sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3165-2009). Hasil analisis mutu jeruk pada Tabel 2, menunjukkan karakteristik jeruk siam sebelum diberikan perlakuan *degreening* dan merupakan hari ke-0 pada semua perlakuan. Hasil menunjukkan bahwa warna jeruk siam cenderung menampakkan warna hijau dengan nilai rerata L^*

Tabel 2. Kondisi awal jeruk siam Banyuwangi sebelum perlakuan (Initial conditions tangerine Banyuwangi before treatment)

Komponen (Component)	Rerata (Average)
Intensitas kecerahan (L^*)	40,58
Intensitas warna hijau (a^*)	-3,29
Intensitas warna kuning (b^*)	24,26
CCI	-0,33
Skor	1,0
$^{\circ}\text{Hue}$	97,68
Kekerasan (kgf)	0,73
TPT ($^{\circ}\text{Brix}$)	10,38
TAT (mg/100g)	0,58
Vitamin C (mg/100g)	37,7
Diameter (mm)	64,3

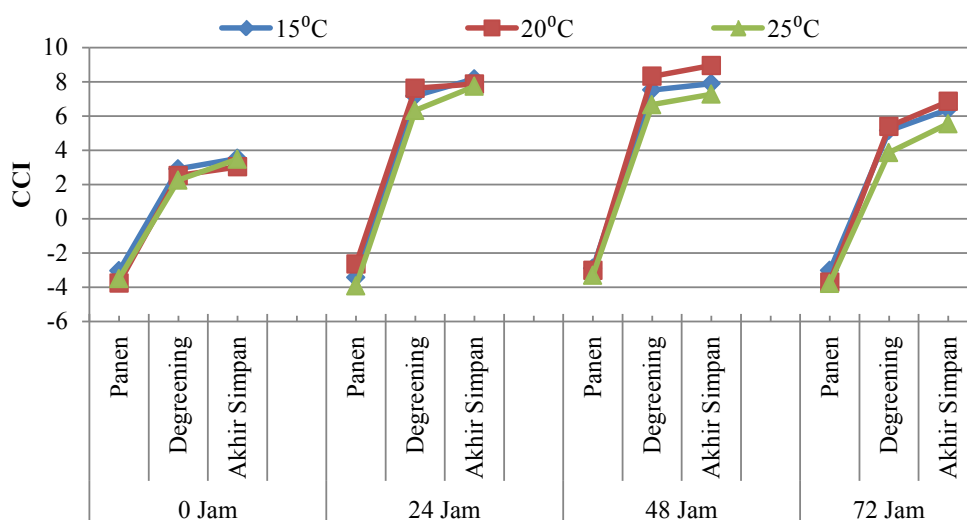
40,58, a^* -3,29 dan nilai b^* 24,26. CCI -0,33, skor 1,0, °Hue 97,68, kekerasan buah dengan rerata 0,73.

Kandungan rerata total padatan terlarut adalah 10,38° Brix. Hal tersebut menggambarkan bahwa kandungan gula pada jeruk sampel cukup tinggi dan buah memiliki rasa manis. Menurut Ladaniya (2008), jeruk yang diproduksi di daerah tropis dan masih berwarna hijau pada kondisi matang fisiologis serta memiliki nilai °Brix berkisar 9–10 telah memenuhi standar kematangan untuk jeruk. Nilai asam tertitrasi jeruk siam Banyuwangi adalah 0.58 mg/100 g. Kandungan vitamin C jeruk siam Banyuwangi adalah sebesar 37,7 mg/100 g.

Pengaruh Durasi Pemaparan Etilen terhadap CCI

Durasi pemaparan etilen berpengaruh terhadap nilai CCI jeruk siam Banyuwangi. Berdasarkan Gambar 1, Nilai CCI tertinggi diperoleh pada waktu pemaparan etilen selama 48 jam pada suhu 20°C. Hasil tersebut menunjukkan adanya korelasi antara nilai CCI dan skor hasil pengamatan visual berbasis CCC pada Gambar 1.

Hasil pada Gambar 1 menunjukkan perubahan etilen pada durasi pemaparan 0 jam atau tanpa etilen hanya mengalami sedikit perubahan yaitu dengan nilai CCI maksimum 3,73 pada suhu 20°C dengan warna yang dihasilkan adalah hijau dengan semburat kuning, sedangkan jeruk dengan perlakuan etilen mengalami



Gambar 1. Pengaruh durasi pemaparan etilen 0, 24, 48, dan 72 jam terhadap perubahan nilai CCI buah jeruk siam Banyuwangi pada suhu 15°C, 20°C, dan 25°C (*Influence ethylene exposure duration at 0, 24, 48, and 72 hours to change citrus fruit CCI Banyuwangi with temperatures at 15°C, 20°C, and 25°C*)

Tabel 3. Perubahan warna kulit buah jeruk pada hari ke 10 setelah *degreening* (*Peel color fruit changes on days 10 after degreening*)

Perlakuan (Treatments)	L*	a*	b*	CCI	°Hue	Klorofil (Chlorophyll), µg/g	Karotenoid (Carotenoid), µg/g
Durasi (Duration)							
0 jam	44,1 c	4,5 c	30,9 c	3,35 c	81,65 c	31,48 b	43,04 b
24 jam	50,8 a	17,2 a	42,8 a	7,93 a	68,11 a	3,53 a	54,99 a
48 jam	49,7 a	17,5 a	43,5 a	8,05 a	68,12 a	1,70 a	57,17 a
72 jam	46,7 b	10,6 b	36,4 b	6,25 b	73,78 b	3,09 a	46,36 b
Suhu (Temperature)							
15°C	48,2	12,3	38,3	6,22	73,2	11,77	48,47
20°C	47,6	12,4	38,4	6,39	73,1	8,67	49,85
25°C	47,7	12,7	38,5	6,59	72,5	9,40	52,85
Interaksi (Interaction)							
tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*Same number in the same column is not significant different in DMRT in = 5 %*)

peningkatan nilai CCI yang tajam, yaitu 8,45; 9,41; dan 7,59 untuk masing-masing durasi pemaparan 24 jam pada suhu 25°C, 48 jam pada suhu 20°C dan 72 jam pada suhu 20°C dengan warna yang dihasilkan berdasarkan *range* CCI adalah jingga.

Nilai CCI pertama kali diteliti oleh Jimenes-Cuesta *et al.* (1981) untuk mengevaluasi korelasi warna buah jeruk antara pengukuran objektif dengan alat dan pengukuran subjektif dengan pengamatan visual berdasarkan CCC mengenai perubahan warna kulit dari hijau menjadi jingga. Jeruk tanpa perlakuan etilen menunjukkan perubahan nilai CCI tidak mampu mencapai nilai CCI yang berwarna jingga bahkan kuning, berbeda dengan jeruk yang diberi perlakuan etilen warna kulit berubah menjadi jingga.

Berdasarkan hasil Tabel 3 mengenai perubahan warna kulit jeruk pada hari ke-10 setelah *degreening*, dapat dilihat bahwa durasi pemaparan etilen menunjukkan pengaruh nyata terhadap perubahan warna kulit jeruk siam Banyuwangi. Durasi pemaparan 48 jam menunjukkan warna yang lebih optimum, sedangkan suhu tidak menunjukkan pengaruh yang nyata.

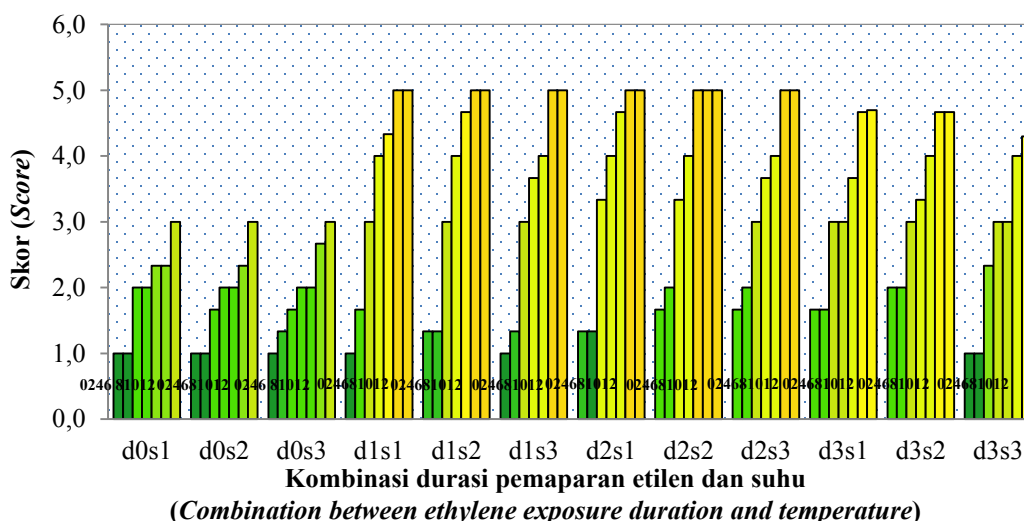
Hasil analisis statistik pada Tabel 3 menunjukkan bahwa durasi pemaparan etilen selama 0 jam tidak memberikan perubahan terhadap warna kulit buah, durasi pemaparan selama 24 dan 48 jam menghasilkan warna jingga terbaik, sedangkan pada durasi pemaparan 72 jam perubahan warna kulit buah melambat. Interaksi durasi pemaparan etilen dan suhu tidak berpengaruh nyata terhadap nilai L^* , nilai a^* , nilai b^* , CCI dan

$^{\circ}$ Hue jeruk siam Banyuwangi, serta tidak berpengaruh pula terhadap kandungan klorofil dan karotenoid totalnya. Untuk mengetahui kombinasi perlakuan terbaik dilakukan uji kontras antara kombinasi-kombinasi terbaik. Hasil uji kontras menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pada suhu 20°C selama 48 jam yang merupakan perlakuan terbaik berbeda nyata dengan suhu 25°C selama 24 jam.

Perbandingan kontras dilakukan untuk mengetahui interaksi antara kombinasi durasi pemaparan dan suhu. Hasil menunjukkan terjadi perbedaan nyata antara suhu tiap kombinasi perlakuan. Suhu 20°C yang merupakan suhu terbaik berbeda nyata dengan suhu 25°C. Hal ini disebabkan karena suhu rendah dapat mensintesis karotenoid *nonphotosintetic* dan memunculkan β -citraurin, perubahan karotenoid, dan warna sensitif terhadap suhu selama *degreening* terutama pada buah yang ditanam pada daerah tropis (Stewart & Wheaton 1971).

Pengaruh *Degreening* terhadap *Citrus Color Chart* (CCC)

Hasil penelitian pada Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh durasi pemaparan etilen dan suhu terhadap CCC warna jeruk siam Banyuwangi. Pada durasi pemaparan 0 jam tidak terbentuk warna jingga dan nilai optimum yang diperoleh adalah 3,0, terjadi perubahan warna dari hijau menjadi kuning kehijauan sesuai skala skoring CCC. Durasi pemaparan selama 24 dan 48 menunjukkan nilai dengan skor optimum 5,0 yang menghasilkan jeruk berwarna jingga. Durasi pemaparan 24 jam mencapai nilai optimum pada hari ke-10 setelah



Gambar 2. Skor perubahan warna pada jeruk siam Banyuwangi berdasarkan durasi pemaparan etilen dan suhu, d0=durasi 0 jam, d1=durasi 24 jam, d2=durasi 48jam, d3=durasi 72jam, s1= suhu 15°C, s2=suhu 20°C, s3=suhu 25°C [(Score of citrus fruit in degreening treatment at various duration of exposure ethylene and temperature. d0=duration 0 day, d1= duration 24hours, d2=duration 48hours, d3=duration 72hours, t1= temperature 15°C, t2=temperature 20°C, t3=temperature 25°C). 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 hari setelah *degreening*) (Days after degreening)]

degreening, durasi paparan 48 jam mencapai nilai optimum pada hari ke-10 pada suhu 15°C dan 25°C serta hari ke-8 pada suhu 20°C setelah *degreening*. Durasi paparan selama 72 jam menunjukkan skor optimum 4,7 pada suhu 15°C dan 20°C, sedangkan pada suhu 25°C menunjukkan skor 4,3 dengan warna jingga kekuningan.

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa durasi 48 jam dengan suhu 20°C merupakan durasi tercepat dengan nilai skor tertinggi, yaitu, 5,0. Skoring dengan CCC dilakukan untuk mengamati perubahan warna kulit. Semakin jingga warna kulit semakin tinggi skornya (Gambar 2).





































Foto pengaruh kombinasi waktu paparan dan suhu terhadap jeruk siam pada Gambar 3 menunjukkan

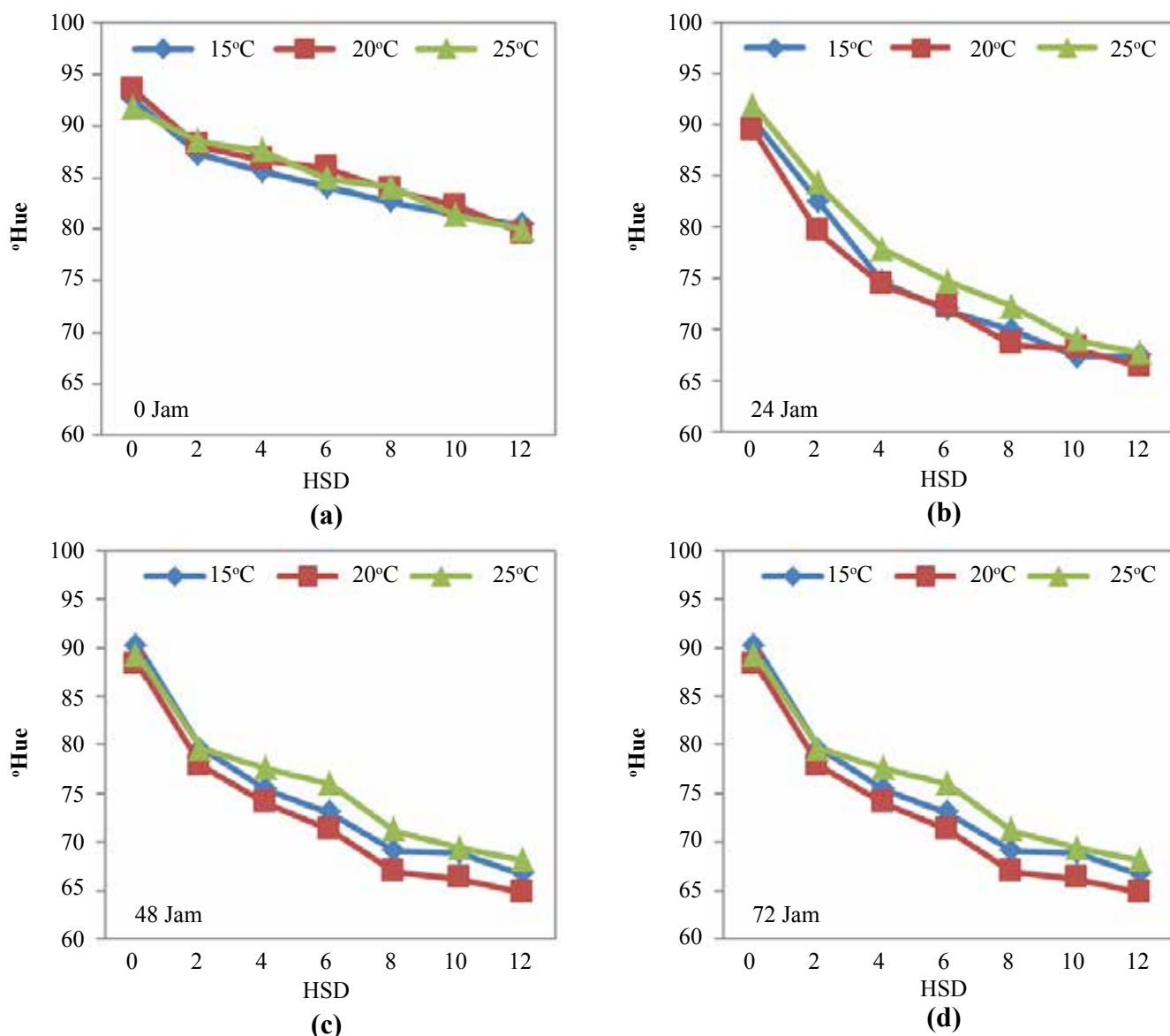
perubahan warna terbaik untuk kedua jenis jeruk siam adalah pada waktu paparan etilen selama 48 jam pada suhu 20°C. Hasil tersebut menunjukkan korelasi yang sama dengan warna skor pada CCC, CCI, dan °Hue. Berdasarkan penelitian Mayuoni *et al.* (2010), jeruk mandarin Michal menunjukan perubahan warna menjadi jingga seragam pada suhu 20°C selama paparan 48 jam dan tidak memberikan perubahan besar terhadap tampilan warna dan visual daging buah.

Pengaruh *Degreening* terhadap Perubahan Nilai °Hue

Hasil pengukuran nilai a* dan b* dikonversikan ke dalam satuan kromatik derajat Hue (°Hue) yang merupakan parameter warna yang penting dalam pengukuran jeruk (Lee 2000). Nilai °Hue

Gambar 3. Foto pengaruh kombinasi durasi paparan etilen dan suhu terhadap jeruk siam Banyuwangi
(*Photo of effect combination exposure ethylene and temperature on tangerine siam Banyuwangi*)

Durasi paparan (Duration exposure)	Suhu (Temperature)	Panen (Harvest)	<i>Degreening</i>	HSD 10
0 Jam	15°C			
	20°C			
	25°C			
24 Jam	15°C			
	20°C			
	25°C			
48 Jam	15°C			
	20°C			
	25°C			
72 Jam	15°C			
	20°C			
	25°C			



Gambar 4. Pengaruh durasi pemaparan etilen (a) 0 jam, (b) 24, (c) 48, dan (d) 72 jam terhadap perubahan °Hue buah jeruk siam Banyuwangi pada suhu 15°C, 20°C, dan 25°C (*Influence ethylene exposure duration of (a) 0, (b) 24, (c) 48, and (d) 72 hours to change citrus fruit °Hue Banyuwangi at temperatures on 15°C, 20°C, and 25°C*)

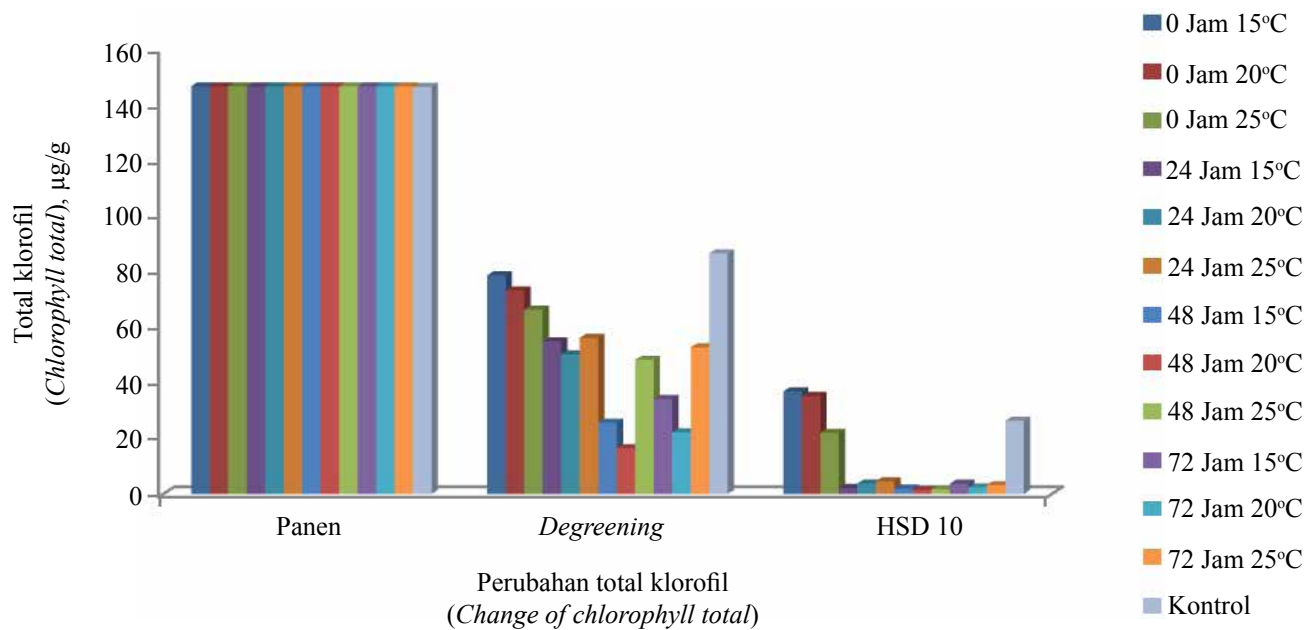
mendeskripsikan warna murni dimana menunjukkan warna dominan dalam campuran beberapa warna. Nilai °Hue yang menurun menunjukkan bahwa warna kulit buah jeruk siam Banyuwangi semakin hari semakin jingga.

Gambar 4 menunjukkan perubahan etilen pada durasi pemaparan 0 jam atau tanpa etilen hanya mengalami sedikit penurunan yaitu dengan nilai °Hue terendah 79,62, yaitu pada suhu 20°C, sedangkan jeruk dengan perlakuan etilen mengalami penurunan nilai °Hue yang tajam, yaitu 66,35; 64,79; dan 69,75 untuk masing-masing durasi pemaparan 24, 48, dan 72 jam pada suhu 20°C sehingga perlakuan *degreening* dari kombinasi waktu pemaparan dan suhu terbaik ditunjukkan dengan durasi pemaparan etilen selama 48 jam pada suhu 20°C.

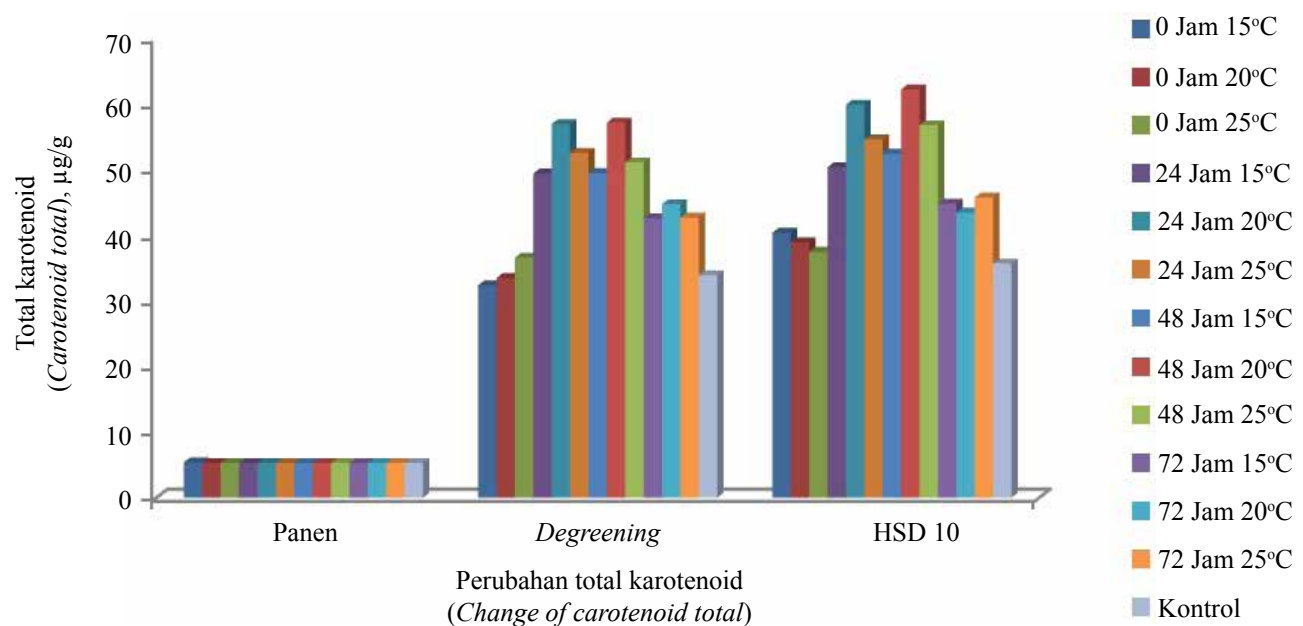
Hal ini sesuai dengan penelitian Zhou *et al.* (2010) yang menunjukkan terjadinya penurunan nilai °Hue setelah proses *degreening* pada jeruk Ponkan yang dipengaruhi oleh degradasi warna hijau dan pengembangan warna jingga pada kulit buah, semakin rendah nilai °Hue maka warnanya semakin jingga.

Perubahan Total Klorofil dan Karotenoid

Kandungan klorofil pada kulit buah tidak hanya memengaruhi fotosintesis, namun juga berperan penting dalam pewarnaan buah terutama pada indeks kematangan. Grafik total klorofil jeruk siam Banyuwangi pada berbagai durasi pemaparan etilen ditunjukkan pada Gambar 4 dan grafik total karotenoid ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh durasi pemaparan etilen dan suhu terhadap perubahan total klorofil buah jeruk siam Banyuwangi (*Effect of ethylene exposure duration and temperature for the changes of total chlorophyll citrus fruit tangerine Banyuwangi*)



Gambar 6. Pengaruh durasi pemaparan etilen dan suhu terhadap perubahan total karotenoid buah jeruk siam Banyuwangi (*Effect of ethylene exposure duration and temperature for the changes of total carotenoid citrus fruit tangerine Banyuwangi*)

Penurunan klorofil total semakin tajam dengan adanya perlakuan *degreening* (Gambar 5). Berdasarkan penelitian Peng *et al.* (2013), bahwa kehilangan klorofil secara jelas ditingkatkan oleh adanya aplikasi *degreening* dengan etilen. Penelitian Shimokawa *et al.* (1998) menunjukkan menurunnya kandungan klorofil pada buah dengan *degreening* disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim klorofilase dan menurunnya ukuran dan jumlah kloroplas pada kulit jeruk. Nilai kandungan klorofil terendah diperoleh

pada durasi pemaparan 48 jam dengan suhu 20°C, yaitu sebesar 1,4 µg/g, sedangkan kandungan klorofil tertinggi diperoleh pada durasi pemaparan 0 jam dengan suhu 25°C yaitu sebesar 3,7 µg/g. Selama perkembangan buah jeruk, warna berubah dari hijau menjadi kuning atau jingga yang berhubungan dengan berkurangnya kandungan klorofil dan bertambahnya karotenoid. Kandungan klorofil dapat pula dipengaruhi oleh biosintesis klorofil, interkonversi klorofil a dan b, dan juga degradasi (Tanaka & Tanaka 2006).

Tabel 4. Pengaruh *degreening* terhadap fisikokimia buah jeruk pada hari ke-10 setelah *degreening* (*Degreening effect of physicochemical chagement fruit on days 10 after degreening*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Kekerasan (<i>Firmness</i>), Kg	TPT (<i>Soluble solid content</i>), °Brix	TAT (<i>Titrateable acidity</i>) g/100 mg	Vitamin C g/100 mg
Durasi (<i>Duration</i>)				
0 jam	0,60	10,6	4,36	51,98
24 jam	0,61	10,6	4,49	39,51
48 jam	0,62	10,2	4,82	37,99
72 jam	0,63	10,3	4,94	42,62
Suhu (<i>Temperature</i>)				
15°C	0,62	10,7	4,66	42,74
20°C	0,60	10,4	4,75	44,49
25°C	0,63	10,5	4,55	41,84
Interaksi (<i>Interaction</i>)	tn	tn	tn	tn

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT pada taraf 5% (*Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at the 5% level*)

Jeruk adalah sumber karotenoid yang kompleks dengan jumlah karotenoid terbesar yang ditemukan pada buah. Selama pemaparan, terjadi sintesis karotenoid bersamaan dengan degradasi klorofil. Gambar 6 memperlihatkan kecenderungan peningkatan total karotenoid setelah *degreening* dan selama penyimpanan. Pada suhu yang rendah terjadi sintesis karotenoid *nonphotosintetic* dengan terbentuknya β -citaurin pada jeruk siam Banyuwangi yang menyebabkan buah berwarna jingga. Nilai kandungan karotenoid tertinggi diperoleh pada durasi pemaparan 48 jam dengan suhu 20°C, yaitu sebesar 62,3 µg/g, sedangkan kandungan karotenoid terendah diperoleh pada durasi pemaparan 0 jam dengan suhu 25°C, yaitu sebesar 37,5 µg/g. Matsumoto *et al.* (2009), menyatakan bahwa perlakuan *degreening* menggunakan etilen dapat meningkatkan nilai karotenoid pada kulit jeruk Satsuma. Perubahan warna kulit jeruk menjadi jingga disebabkan karena terjadinya sintesis karotenoid yang bersifat *nonphotosintetic* yaitu β -citaurin yang merupakan pembentuk warna jingga kemerahan pada kulit jeruk mandarin, akumulasi senyawa ini ditentukan oleh ketersediaan prekursor berupa karotenoid yang bersifat *photosintetic* seperti zeaxanthin dan β -cryptoxanthin (Kato *et al.* 2004, Rodrigo *et al.* 2013, Ma *et al.* 2013)

Pengaruh *Degreening* terhadap Fisikokimia

Sifat fisikokimia jeruk berhubungan dengan proses pematangan jeruk baik pematangan yang berhubungan dengan proses dalam jaringan kulit, maupun proses pematangan internal dalam daging buah. Analisis statistik pada Tabel 4 menunjukkan bahwa durasi pemaparan etilen dan suhu *degreening* tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia jeruk siam Banyuwangi. Secara umum, *degreening* pada jeruk siam Banyuwangi tidak menurunkan kualitas internal buah. Pada penelitian

sebelumnya, Sdiri *et al.* (2011) dan Tietel *et al.* (2010) telah dilaporkan bahwa pemberian etilen *exogeneous* menunjukkan perubahan fisik dan biokimia yang mirip dengan buah yang tidak di-*degreening*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Warna terbaik diperoleh dari durasi pemaparan etilen selama 48 jam dengan suhu 20°C dapat mengubah warna kulit jeruk siam Banyuwangi dari hijau menjadi jingga cerah.

Degreening tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas internal buah jeruk siam Banyuwangi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada: (1) Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional KKP3N:714/LB.620/I.1/2/2012 pada Kementerian Pertanian (RI), (2) Sistem Inovasi Nasional *SINas*:1.28/SEK/IRS/PPK/I/2011 pada Kementerian Riset dan Teknologi, (3) Pusat Kajian Hortikultura Tropika, IPB Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andarwulan, N, Kusnandar, F & Herawati, D, B 2011, *Analisis pangan*, Dian Rakyat, Jakarta.
2. Badan Pusat Statistik 2011, *Produksi buah-buahan di Indonesia 2005-2010*, Jakarta (ID), diunduh 10 November 2014, <http://www.bps.go.id/download_file/IP_Desember_2010.pdf>.
3. Badan Standardisasi Nasional 2009, *Standar nasional Indonesia: Jeruk siam dan keprok*, Jakarta, diunduh 13 November 2013, <http://sisni.bsn.go.id/index.php/?sni_main/sni/detail_sni/9482>.

4. Dimiyati, A, 2005, *Prospek dan arah pengembangan agribisnis jeruk*, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian RI, Jakarta.
5. Jiménez-Cuesta, M, Cuquerella, J & Martínez-Jávega, J, 1981, 'Determination of a color index for citrus fruit degreening', *P. Int S. Citriculture*, vol. 2, pp. 750-3.
6. Karthik, Joseph, J, Karrupiah & Burns, JK 2010, 'Degreening behavior in 'Fallglo' and 'Lee x Orlando' is correlated with differential expression of ethylene signaling and biosynthesis genes', *J. P. Biology and technology*, vol. 63, pp. 185-93.
7. Kato, M, Ikoma, Y, Matsumoto, H, Sugiura, M, Hyodo, H & Yano, M, 2004, 'Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit', *J. Plant Physiology*, vol. 134, pp. 824-37.
8. Ladaniya, MS, B 2008, *Citrus fruit: Biology, technology, and Evaluation*, Academic Press, San Diego (US).
9. Lee, HS, 2000, 'Objective measurement of red grapefruit juice color', *J. Agric. Food Chem*, vol. 48, pp. 1507-11.
10. Ma, G, Zhang, L, Matsuta, A, Matsutani, K, Kazuki, M, Yahata, M, Wahyudi, A, Motohashi, R & Kato, M, 2013, 'Enzymatic formation of β -Citaurin from β -Cryptoxanthin and Zeaxanthin by Carotenoid leavage Dioxygenase4 in the Flavedo of Cs Fruitruit', *J. Plant physiology*, vol. 163, pp. 682-95.
11. Martínez-Jávega, JM, Monterde, A, Navarro, P & Salvador, A, 2008, 'Respones of new clementines to degreening treatment', *P. Int S. Citriculture*, vol. 11, pp. 1342-46.
12. Matsumoto, H, Ikomam Y, Kato, M, Nakajima, N & Hasegawa, Y, 2009, 'Effect of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit', *J. Agric. Food Chem.*, vol. 57, pp. 4724-32.
13. Mayuoni, L, Tietel, Z, Patil, S & Porat R, 2011, 'Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit', *J. Postharvest Biology and Technology*, vol. 62, pp. 50-8.
14. Peng, G, Xie, XL, Jiang, Q, Song, S & Xu CJ, 2013, 'Chlorophyll a/b binding protein plays a key role in natural and ethylene-induced degreening of ponkan (*Citrus reticulata* Blanco)', *J. Sci. Hortic.*, vol. 160, pp. 37-43.
15. Poerwanto, R & Susila, AD, B 2014, *Teknologi hortikultura*, (ID), IPB Press, Bogor.
16. Porat, R, 2008, 'Degreening of citrus fruit', *Tree Forest, J. Sci. Biotechnology*, vol. 2, pp. 71-6.
17. Rodrigo, MJ, Alquézar, B, Alós, E, Medina, V & Carmona, L 2013, 'A novel carotenoid cleavage activity involved in the biosynthesis of Citrus fruit-specific apocarotenoid pigments', *J. Experimental Botany*, vol. 43, pp. 14-22.
18. Sdiri, S, Navarro, P, Monterde, A, Benabda, J 2011, 'New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure', *J. P. Biology and Technology*, vol. 63, pp. 25-32.
19. Shimokawa, K & Sakanoshita, H 1998, 'Ethylene induced changes of chloroplast structure in Satsuma Mandarin', *J. Pl Cell Phy.*, vol. 19, pp. 229-36.
20. Sims, DA & Gamon, JA 2002, 'Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and development stages', *J. Remote Sensing Envir.*, vol. 81, pp. 337-54.
21. Stewart, I & Wheaton, TA 1971, 'Effect of ethylene and temperature on carotenoid pigmentation of citrus peel', *J. Florida Agricultural*, vol. 4151, pp. 264-6.
22. Tanaka, A & Tanaka, R 2006, 'Chlorophyll metabolism', *Cur. P. Bio.*, vol. 9, pp. 248-55.
23. Tietel, Z, Weiss, B, Lewinsohn, E, Fallik, E & Porat, R, 2010, 'Improving taste and peel color of early-season Satsuma mandarins by combining high-temperature conditioning and degreening treatments', *J. Postharvest biology and technology*, vol. 57. pp. 1-5.
24. Zhou, YJ, Sun, CD, Zhang, LL, Dai, X, Xu, CJ & Chen, KS 2010, 'Preferential accumulation of orange-colored carotenoids in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit peel following postharvest application of ethylene or ethephon', *J. Scientia Horticultura*, vol. 126, pp. 229-35.